



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104600725 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 06

(21) 申请号 201310533488. X

(22) 申请日 2013. 10. 31

(71) 申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 马琳

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限

责任公司 11240

代理人 李慧

(51) Int. Cl.

H02J 3/28(2006. 01)

H02J 3/38(2006. 01)

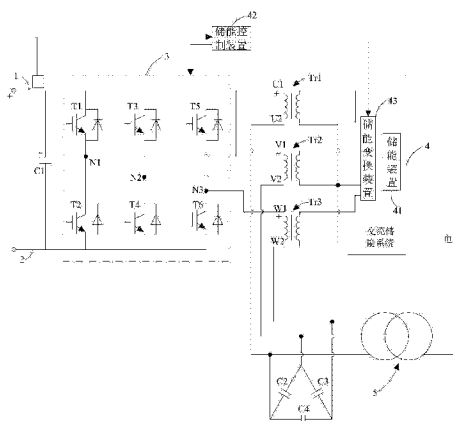
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

光伏串联补偿系统

(57) 摘要

本发明提供了一种光伏串联补偿系统,包括直流母线、电容、逆变器、变压器、滤波器、交流储能系统和储能控制装置,变压器的一次侧的一端与逆变器的输出端电连接;滤波器具有与变压器的一次侧和逆变器的输出端形成续流回路的输入端和并联在电网上的输出端;交流储能系统包括储能装置和储能变换装置;储能控制装置用于检测直流母线上的电压和电流,当直流母线上的电压高于预定的上限值或低于预定的下限值时,储能控制装置根据直流母线上的电压和电流控制储能变换装置对储能装置充电或放电给逆变器的输出电压提供动态补偿电压,使得光伏发电装置在最大功率点工作。本发明的光伏串联补偿系统能够扩大最大功率点范围,同时具有网压补偿和储能功能。



1. 一种光伏串联补偿系统,其特征在于,包括:

直流母线,包括正极端子和负极端子,所述正极端子和负极端子用于和光伏发电装置的输出端电连接;

电容,所述电容电连接在所述正极端子和负极端子之间;

逆变器,所述逆变器的输入端电连接至所述正极端子和负极端子之间;

变压器,所述变压器具有一次侧和二次侧,所述变压器的一次侧的一端与所述逆变器的输出端电连接;

滤波器,所述滤波器具有与所述变压器的一次侧和所述逆变器的输出端形成续流回路的输入端和并联在电网上的输出端;

交流储能系统,所述交流储能系统包括储能装置和储能变换装置,所述储能装置通过所述储能变换装置连接在所述变压器的二次侧;

储能控制装置,所述储能控制装置用于检测所述直流母线上的电压和电流,当所述直流母线上的电压高于预定的上限值时,所述储能控制装置根据所述直流母线上的电压和电流控制所述储能变换装置对所述储能装置充电,从而为所述逆变器的输出电压提供动态补偿电压,使得所述光伏发电装置在最大功率点工作,当所述直流母线上的电压低于预定的下限值时,所述储能控制装置根据所述直流母线上的电压和电流控制所述储能变换装置对所述储能装置放电,从而为所述逆变器的输出电压提供动态补偿电压,使得所述光伏发电装置在最大功率点工作。

2. 根据权利要求1所述的光伏串联补偿系统,其特征在于,所述储能控制装置控制所述逆变器在效率最高的调制度范围内工作。

3. 根据权利要求2所述的光伏串联补偿系统,其特征在于,

当所述直流母线上的电压高于预定的上限值时,所述储能控制装置控制所述逆变器在所述效率最高的调制度范围内的第一调制度下工作;以及

当所述直流母线上的电压低于预定的下限值时,所述储能控制装置控制所述逆变器在所述效率最高的调制度范围内的第二调制度下工作,所述第一调制度和所述第二调制度不相等。

4. 根据权利要求3所述的光伏串联补偿系统,其特征在于,所述第一调制度为所述效率最高的调制度范围内的下限值,所述第二调制度为所述效率最高的调制度范围内的上限值。

5. 根据权利要求1至4任一项所述的光伏串联补偿系统,其特征在于,

所述逆变器为全桥逆变器,包括并联在所述正极端子和负极端子之间的三个桥臂,所述全桥逆变器具有第一节点、第二节点和第三节点;和

所述交流储能系统为三相交流储能系统。

6. 根据权利要求5所述的光伏串联补偿系统,其特征在于,所述滤波器为三相LCL滤波器。

7. 根据权利要求1至4任一项所述的光伏串联补偿系统,其特征在于,

所述逆变器为二桥臂逆变器,所述二桥臂逆变器具有第四节点和第五节点;

所述变压器为单相变压器,所述单相变压器的一次侧的一端与所述第四节点电连接;

所述交流储能系统为单相交流储能系统。

8. 根据权利要求7所述的光伏串联补偿系统,其特征在于,所述滤波器为单相LCL滤波器。

光伏串联补偿系统

技术领域

[0001] 本发明涉及光伏发电领域,具体涉及一种光伏串联补偿系统。

背景技术

[0002] 在太阳能并网发电系统中,如何增加太阳能电池的输出功率,充分利用太阳能,提高整个太阳能并网发电系统的发电效率具有重要的意义。

[0003] 通过对太阳能电池输出功率特性的研究,发现太阳能电池输出功率与光照强度和环境温度等参数有关,为了使得光伏并网发电系统在最大输出功率点附近工作,目前采用较多的最大功率点跟踪(MPPT),通过改变太阳能电池的输出电压,从而实现太阳能电池最大功率输出。

[0004] 在中国专利申请公布号 CN102723740A 中公开了一种光伏逆变器以及控制方法,采用该专利申请中的 MPPT 控制策略能够快速跟踪变化剧烈的光照环境,提高太阳能电池的输出功率。

[0005] 在目前的光伏并网发电系统中,假如该光伏并网发电系统的最大功率点(MPP)范围是 450 伏-1000 伏,一方面如果在某个地区或某个时间段的环境变化较大,使得光伏电池的最大功率点在 400 伏(即低于最大功率点范围的下限值),此时光伏并网发电系统中的逆变器将无法工作,从而不能将光伏电池产生的电能输出至电网中,这部分太阳能只能浪费,导致太阳能的利用效率降低。另一方面当光伏电池的输出电压是 450 伏时,如果在最大调制度下逆变器的输出端的交流电的线电压有效值为 $450/\sqrt{6}$, 大约为 180 伏,为了给电网稳定提供 500kW 的输出功率,此时交流相电流有效值将达到 910 安,因此必须选择承受电流在 910 安以上的半导体开关管,这极大地浪费了开关管的电流选择容量。同时,光伏板开路电压的限制,又使得半导体开关管的电压必须达到光伏板的最高的电压,假设最大功率点范围为 450V-1000V,则开关器件电压应不小于 1000V,但实际器件选择为标称 1700V。极大地浪费了开关管的电压选择容量。因此目前并没有从根本上解决太阳能电池的输出效率和利用率等问题。

发明内容

[0006] 针对上述现有技术,本发明旨在提供一种光伏串联补偿系统,包括:

[0007] 直流母线,包括正极端子和负极端子,所述正极端子和负极端子用于和光伏发电装置的输出端电连接;

[0008] 电容,所述电容电连接在所述正极端子和负极端子之间;

[0009] 逆变器,所述逆变器的输入端电连接至所述正极端子和负极端子之间;

[0010] 变压器,所述变压器具有一次侧和二次侧,所述变压器的一次侧的一端与所述逆变器的输出端电连接;

[0011] 滤波器,所述滤波器具有与所述变压器的一次侧和所述逆变器的输出端形成续流回路的输入端和并联在电网上的输出端;

[0012] 交流储能系统,所述交流储能系统包括储能装置和储能变换装置,所述储能装置通过所述储能变换装置连接在所述变压器的二次侧;

[0013] 储能控制装置,所述储能控制装置用于检测所述直流母线上的电压和电流,当所述直流母线上的电压高于预定的上限值时,所述储能控制装置根据所述直流母线上的电压和电流控制所述储能变换装置对所述储能装置充电,从而为所述逆变器的输出电压提供动态补偿电压,使得所述光伏发电装置在最大功率点工作,当所述直流母线上的电压低于预定的下限值时,所述储能控制装置根据所述直流母线上的电压和电流控制所述储能变换装置对所述储能装置放电,从而为所述逆变器的输出电压提供动态补偿电压,使得所述光伏发电装置在最大功率点工作。

[0014] 本发明的光伏串联补偿系统提高了光伏发电装置的最大功率点范围,理论上使得光伏发电装置的最大功率点范围从大于零到光伏发电装置的开路电压。具有网压补偿解决了低电压穿越能力问题,同时具有储能功能。提高了太阳能的利用率。

[0015] 优选的,所述储能控制装置控制所述逆变器在效率最高的调制度范围内工作。能够提高逆变器中半导体开关器件的利用率。

[0016] 优选的,当所述直流母线上的电压高于预定的上限值时,所述储能控制装置控制所述逆变器在所述效率最高的调制度范围内的第一调制度下工作;以及当所述直流母线上的电压低于预定的下限值时,所述储能控制装置控制所述逆变器在所述效率最高的调制度范围内的第二调制度下工作,所述第一调制度和所述第二调制度不相等。更优选的,所述第一调制度为效率最高的调制度范围内的下限值,所述第二调制度为效率最高的调制度范围内的上限值。逆变器在效率最高的调制度范围内的上限值或下限值工作,能够有效的减小动态补偿电压值,减小逆变器中半导体开关器件的损耗。

[0017] 优选的,所述逆变器为全桥逆变器,包括并联在所述正极端子和负极端子之间的三个桥臂,所述全桥逆变器具有第一节点、第二节点和第三节点;所述变压器包括三相;;所述交流储能系统为三相交流储能系统。通过三相变压器和三相交流储能系统给电网提供三相交流电,符合市电需求。

[0018] 更优选的,所述滤波器为三相 LCL 滤波器。LCL 滤波器的成本低,滤波效果好。

[0019] 优选的,所述逆变器为二桥臂逆变器,所述二桥臂逆变器具有第四节点和第五节点;所述变压器为单相变压器,所述单相变压器的一次侧的一端与所述第四节点电连接;所述交流储能系统为单相交流储能系统。该实施例用于给电网提供单相交流电。

[0020] 更优选的,所述滤波器为单相 LCL 滤波器。LCL 滤波器的成本低,滤波效果好。

[0021] 优选的,所述滤波器的输出端与所述电网中的变压器的一次侧连接。

附图说明

[0022] 以下附图仅旨在于对本发明做示意性说明和解释,并不限定本发明的范围。其中,

[0023] 图 1 是根据本发明第一个实施例的光伏串联补偿系统的电路图;

[0024] 图 2 是根据本发明第二个实施例的光伏串联补偿系统的电路图。

[0025] 主要装置符号说明

[0026]	1	正极端子	2	负极端子
[0027]	3	逆变器	4	交流储能系统

[0028]	41	储能装置	42	储能控制装置
[0029]	5	三相变压器	23	逆变器
[0030]	24	交流储能系统	25	LCL 滤波器
[0031]	26	交流电磁兼容过滤器	27	变压器
[0032]	28	储能控制装置	29	储能装置
[0033]	43	储能变换装置	20	储能变换装置
[0034]	C1-C5	电容		
[0035]	T1-T10	绝缘栅双极型晶体管		
[0036]	Tr1-Tr4	变压器		
[0037]	L1、L2	电感		

具体实施方式

[0038] 为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解,现对照附图说明本发明的具体实施方式。

[0039] 图 1 是根据本发明第一个实施例的光伏串联补偿系统的电路图。如图 1 所示,该光伏串联补偿系统包括直流母线的正极端子 1 和负极端子 2、电容 C1、逆变器 3、变压器 U 相 Tr1、变压器 V 相 Tr2、变压器 W 相 Tr3、滤波电容 C2、滤波电容 C3、滤波电容 C4、交流储能系统 4 和储能控制装置 42。正极端子 1 和负极端子 2 用来连接光伏发电装置(图中未示出)的输出端,电容 C1 的两个端子分别连接至正极端子 1 和负极端子 2 上,光伏发电装置将获取的太阳能转换为直流电后输出至电容 C1 上。逆变器 3 是全桥逆变器亦可是其他形式的光伏逆变器,如多电平逆变器等,其中,全桥逆变器包括并联在正极端子 1 和负极端子 2 之间的三个桥臂,其中每一个桥臂上都具有串联的两个绝缘栅双极型晶体管。在第一个桥臂上具有绝缘栅双极型晶体管 T1 和绝缘栅双极型晶体管 T2,其中绝缘栅双极型晶体管 T1 和绝缘栅双极型晶体管 T2 之间具有节点 N1。在第二桥臂上具有绝缘栅双极型晶体管 T3 和绝缘栅双极型晶体管 T4,其中绝缘栅双极型晶体管 T3 和绝缘栅双极型晶体管 T4 之间具有节点 N2。在第三个桥臂上具有绝缘栅双极型晶体管 T5 和绝缘栅双极型晶体管 T6,其中绝缘栅双极型晶体管 T5 和绝缘栅双极型晶体管 T6 之间具有节点 N3。在本实施例中,逆变器 3 可以通过现有技术中的控制方法将电容 C1 上的直流电转换为交流电输出,并且使得三相电的各相导电的角度相差 120° ,正极端子 1 和负极端子 2 为逆变器 3 的输入端,节点 N1、节点 N2 和节点 N3 为逆变器 3 的输出端。在其他的实施例中,还可以金氧半场效晶体管代替本实施例中的绝缘栅双极型晶体管构成全桥逆变器。变压器 U 相 Tr1 的一次侧具有端子 U1 和端子 U2,端子 U1 和节点 N1 连接。变压器 V 相 Tr2 的一次侧具有端子 V1 和端子 V2,端子 V1 和节点 N2 电连接。变压器 W 相 Tr3 的一次侧具有端子 W1 和端子 W2,端子 W1 和节点 N3 连接。其中变压器 U 相 Tr1、变压器 V 相 Tr2 和变压器 W 相 Tr3 的二次侧和交流储能系统 4 电连接,在本实施例中,交流储能系统 4 主要包括储能装置 41 和储能变换装置 43,储能变换装置 43 的一端与变压器的三相 Tr1-Tr3 的二次侧连接,储能变换装置 43 的另一端和储能装置 41 连接,在本发明的实施例中,储能变换装置 43 可以包括交流 / 直流变换器和直流 / 直流变换器,用于控制储能装置 41 充电或放电。储能控制装置 42 用于检测电容 C1 上的电压和直流母线中的电流,并根据电容 C1 上的电压控制逆变器 3 的调制度,使得逆变

器 3 在效率最高的调制度范围内工作,同时储能控制装置 42 还能根据电容 C1 上的电压和直流母线中的电流给逆变器 3 的输出端提供动态补偿电压,使得光伏发电装置在最大功率点工作,在本发明的其他实施例中,储能控制装置 42 还能根据光伏发电装置输出的功率给逆变器 3 的输出端提供动态补偿电压,使得光伏发电装置在最大功率点工作。电容 C2、电容 C3 和电容 C4 呈三角形连接,即电容 C2、电容 C3 和电容 C4 连接呈环状。电容 C2 和电容 C4 的节点与变压器 U 相 Tr1 的一次侧的端子 U2 连接,电容 C2 和电容 C3 的节点与变压器 V 相 Tr2 的一次侧的端子 V2 连接,电容 C3 和 C4 的节点与变压器 W 相 Tr3 的一次侧的端子 W2 连接,同时变压器 U 相 Tr1 的一次侧的端子 U2、变压器 V 相 Tr2 的一次侧的端子 V2 和变压器 W 相 Tr3 的一次侧的端子 W2 连接至三相变压器 5 的输入端,三相变压器 5 的输出端和电网连接。由于实际的变压器都或多或少具有漏电感,因此在本实施例中,变压器 Tr1、变压器 Tr2、变压器 Tr3 和三相变压器 5 中的漏电感与三角形连接的电容 C2、电容 C3 和电容 C4 组成了三相 LCL 滤波器,减少了元器件,降低成本。

[0040] 光伏发电装置(例如光伏电池组件)将光能转化为电能,通过直流母线的正极端子 1 和负极端子 2 将电能储存在电容 C1 上,储能控制装置 42 检测直流母线上的电压和直流母线中的电流,当直流母线的正极端子 1 和负极端子 2 之间的电压在预定的下限值和上限值之间时,此时交流储能系统 4 不提供电压补偿,即储能装置 41 不进行任何充放电过程,储能控制装置 42 按照传统光伏逆变器控制方式控制逆变器 3,并且使得逆变器 3 在效率最高的调制度范围内工作,从而使得光伏电池组件工作在最大功率点,此时光伏电池组件产生的电能可以直接地输出至电网中。其中该光伏串联补偿系统中预定的上限值和下限值根据电网电压和逆变器 3 在效率最高时的调制指数的范围确定。

[0041] 当直流母线的正极端子 1 和负极端子 2 之间的电压大于预定的上限值时,此时光伏电池组件的输出功率也会相应地增加,储能控制装置 42 控制逆变器 3 在效率最高的某一固定调制度下工作,例如使得逆变器 3 在效率最高的调制度范围内的下限值工作,并通过矢量控制法控制注入到电网中的注入电流矢量和动态补偿电压矢量,同时使得注入电流矢量和动态补偿电压矢量的方向相反,此时储能控制装置 42 通过控制储能变换装置 43 使得储能装置 41 充电储能,储能控制装置 42 根据直流母线上的电压和电流控制储能装置 41 的充电状态给逆变器 3 的输出端提供一个动态补偿电压,从而使得光伏电池组件工作在最大功率点。

[0042] 当直流母线的正极端子 1 和负极端子 2 之间的电压小于预定的下限值时,此时光伏电池组件的输出功率也会相应地降低。储能控制装置 42 控制逆变器 3 在效率最高的某一固定调制度下工作,例如使得逆变器 3 在效率最高的调制度范围内的上限值工作,并通过矢量控制法控制交流储能系统 4 提供一个动态补偿电压矢量,该动态补偿电压矢量与注入到电网中的电流矢量同向,此时储能控制装置 42 通过控制储能变换装置 43 使得储能装置 41 开始放电,储能控制装置 42 根据直流母线上的电压和电流控制储能装置 41 的放电状态给逆变器 3 的输出端提供一个动态补偿电压,从而使得光伏电池组件工作在最大功率点。

[0043] 相比于背景技术中的现有技术,当本发明中的光伏电池组件的输出电压非常低或远低于逆变器并网所需直流电压时,此时逆变器仍然能够正常工作,并且使得光伏电池组件工作在最大功率点,从而将这部分太阳能利用起来并输出至电网中。因此,本发明的光伏串联补偿系统在理论上使得光伏发电装置(或光伏电池组件)的最大功率点范围从 0 伏到光

光伏发电装置的开路电压。同时,本发明中的逆变器的绝缘栅双极型晶体管的最大工作电压及最大工作电流均可降低,器件利用率提高,不必选择能够承受更大电流的绝缘栅双极型晶体管或其他半导体开关管,这样降低了设备成本。另外,本发明的光伏串联补偿系统具有网压补偿和储能功能,同时解决了低电压穿越和并网储能的问题。

[0044] 图2是根据本发明第二个实施例的光伏串联补偿系统的电路图。如图2所示,该光伏串联补偿系统包括直流母线的正极端子1和负极端子2、电容C1、逆变器23、变压器Tr4、储能控制装置28、交流储能系统24和LCL滤波器25。其中逆变器23是二桥臂逆变器,包括并联在正极端子1和负极端子2之间的两个桥臂,每个桥臂上都具有串联的两个绝缘栅双极型晶体管。在第一个桥臂上具有绝缘栅双极型晶体管T7和绝缘栅双极型晶体管T8,其中绝缘栅双极型晶体管T7和绝缘栅双极型晶体管T8之间具有节点N4。在第二桥臂上具有绝缘栅双极型晶体管T9和绝缘栅双极型晶体管T10,其中绝缘栅双极型晶体管T9和绝缘栅双极型晶体管T10之间具有节点N5。变压器Tr4的一次侧具有端子21和端子22,端子21和节点N4连接,变压器Tr4的二次侧连接有交流储能系统24,交流储能系统24包括储能装置29和储能变换装置20,储能装置29通过储能变换装置20连接在变压器Tr4的二次侧。LCL滤波器的其中一个滤波电感L1的一端和端子22连接,滤波电容C5的一端和节点N5连接,并且滤波电感L1的一端和滤波电容C5的一端作为输入端,并且构成了变压器Tr4的续流回路。滤波电感L2的一端作为LCL滤波器的输出端,通过交流电磁兼容滤波器26与电网一侧的变压器27连接,从而给电网提供功率输出。在第一个实施例中,也可以在过滤器和三相变压器5的输入端之间连接有交流电磁兼容滤波器。本实施例的光伏串联补偿系统能够在光伏电池组件的输出电压低于预定的下限值时,也能使得逆变器23工作,从而将光伏电池组件产生的太阳能输出至电网中,其工作原理和图1中相同,在此不再赘述。

[0045] 在本发明的上述实施例中,还可以在正极端子1和负极端子2上分别连接有直流电磁兼容滤波器。在本发明的其他实施例中,逆变器并不限于图1所示的全桥逆变器3和图2所示的二桥臂逆变器23,还可以是其他的将直流电转换成交流电的逆变器。本发明中的滤波器25可以是LCL滤波器,其中LCL滤波器中的两个滤波电感可以是借用变压器中的漏电感,即如图1所示借用变压器中的漏电感组成LCL滤波器,从而减少元器件和成本。在图1所示的滤波器中,电容C2、电容C3和电容C4还可以是星形连接。在其他的实施例中,滤波器还可以是LC滤波器。

[0046] 应当理解,虽然本说明书是按照各个实施例描述的,但并非每个实施例仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

[0047] 以上所述仅为本发明示意性的具体实施方式,并非用以限定本发明的范围。任何本领域的技术人员,在不脱离本发明的构思和原则的前提下所作的等同变化、修改与结合,均应属于本发明保护的范围。

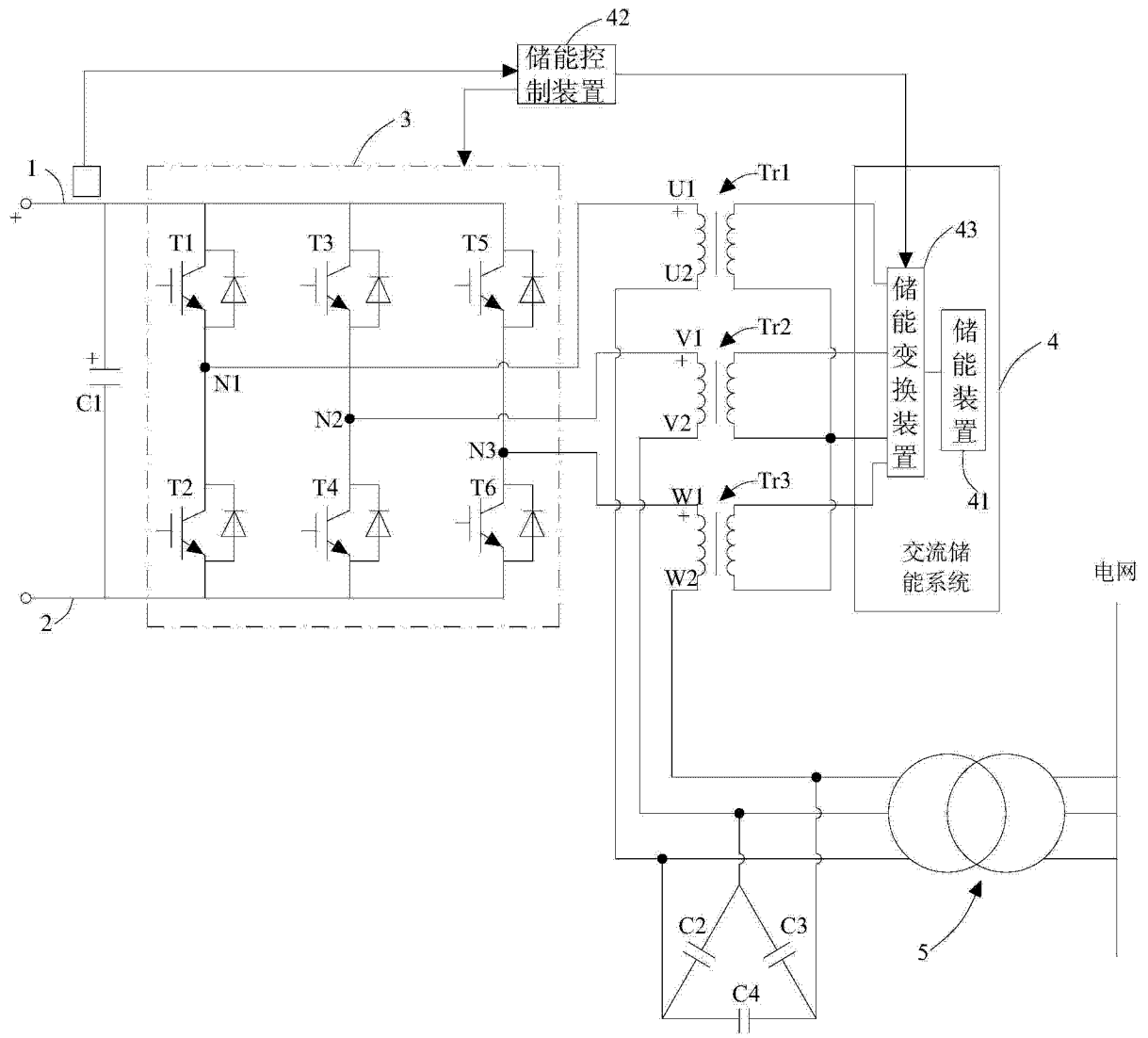


图 1

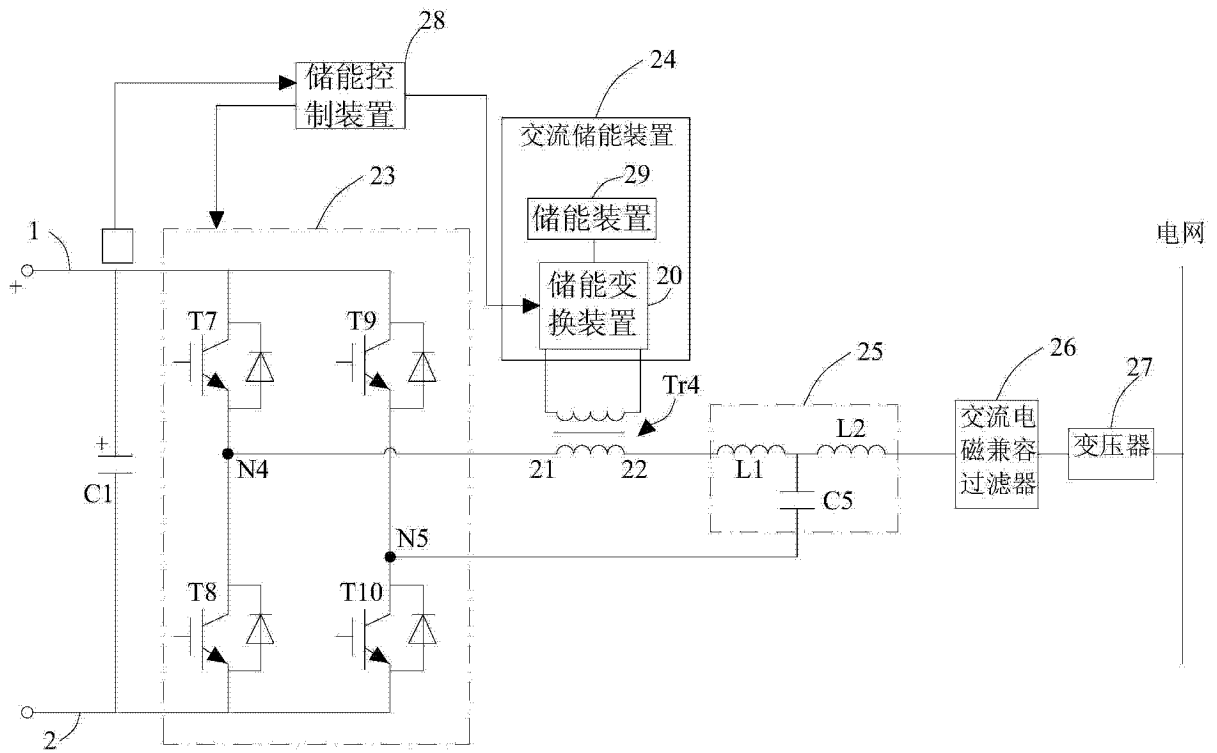


图 2